

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ В РАБОЧЕМ ПРОСТРАНСТВЕ СОВРЕМЕННОЙ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

Глухов И.В., Валишев Л.А., Воронов Г.В.

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

В данной статье с помощью математического моделирования в программе SolidWorks Flow simulation была рассмотрена аэродинамика рабочего пространства современной дуговой сталеплавильной печи (ДСП). В работе проанализировано расположение ТСУ, предлагаемое фирмой «Danieli», а также схема установки горелок, рекомендованная авторами [1]. Большое внимание уделено оценке условий для эффективного теплообмена с шихтой, определению возможных повреждений кожуха, огнеупорной футеровки и электродов. В работе показана возможность частичного осаждения пыли внутри рабочего пространства с целью уменьшить пылевынос из печи и обеспечить формирование устойчивого гарнисажа на водоохлаждаемых поверхностях.

Ключевые слова: печь, горелка, модель, рисунок, движение, скорость, поле, траектория, гарнисаж, электрод.

In this paper, by means of mathematical modeling in SolidWorks Flow simulation program was considered aerodynamics workspace modern electric arc furnace (EAF). In this paper we analyzed the location of the TSU, proposed by the company «Danieli», as well as the installation diagram burners recommended by the authors [1]. Much attention is paid to the assessment of conditions for efficient heat exchange with the charge, identify possible povrezhny casing of the refractory lining and the electrodes. The paper shows the possibility of partial deposition of dust inside the workspace in order to reduce dust-out of the oven and to develop a sustainable ledge on the water-cooled surfaces.

Keywords: oven, burner, model, drawing, motion, speed, field, trajectory, skull, electrode.

Улучшение газодинамики рабочего пространства современной ДСП является технически сложной задачей и в целях обеспечения условий эффективного теплообмена необходим быстрый и равномерный нагрев шихты на всей поверхности ванны. Практика показывает, что поиск оптимального размещения ТСУ идет эмпирическим путем. Необходимые изменения вносят уже в промышленные образцы, а целесообразность предпринимаемых шагов оценивают по результатам их эксплуатации.

Возможность реализации новых идей на действующем объекте всегда ограничена, а организация исследований требует больших затрат времени на подготовку и согласование необходимых работ. В представленной работе соответствующее исследование проводилось с применением средств компьютерного моделирования и инженерного анализа.

В работе использовались 3D-модели печи, выполненные с достаточной для инженерного расчета точностью. К рассмотрению предложены модели, отличающиеся размещением горелочных устройств. В первой модели ТСУ расположены в соответствии с проектом «Danieli» (вариант А), в другой –

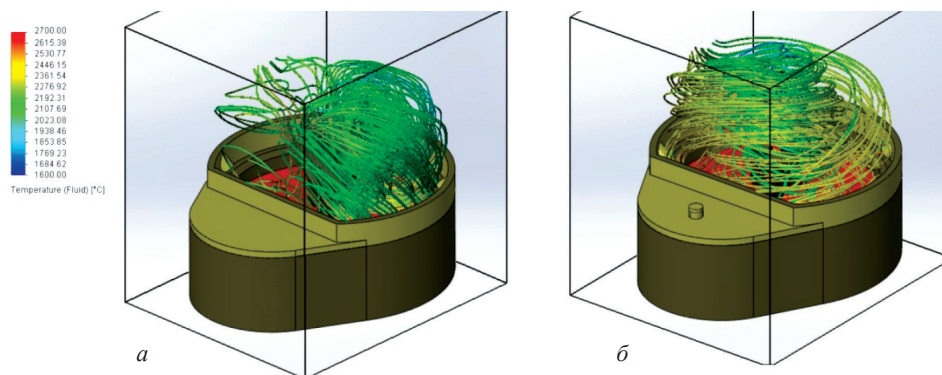


Рис. 1. Траектории газовых потоков в объеме рабочего пространства по варианту «Danieli»: *а* – по проекту «Danieli»; *б* – при рекомендованном размещении ТСУ

исходя из рекомендации [1], по результатам графического анализа схемы распространения газовых потоков внутри печи (вариант Б).

Входные параметры модели задали: скорость газокислородной смеси на срезе горелочного сопла $\omega_{\text{см}} = 175,8$ м/с и балансовая температура горения, равная 2700 °С. Начальная скорость смеси была определена расчетом по фактическому расходу природного газа и кислорода, балансовая температура продуктов сгорания – исходя из расчета горения природного газа в кислороде. В качестве выходного параметра модели заданы: давление перед входом в газоотводящий канал и температура уходящих газов. Согласно статистических данных о работе печи [2], на выходе модели было показано разрежение – 50 Па, а температура уходящих газов принята равной 1600 °С. Указанные параметры и граничные условия использовались для расчета двух моделей и оставались неизменными.

На рис. 1 показаны траектории распространения газовых потоков внутри рабочего пространства ДСП.

В случае размещения ТСУ по варианту «Danieli» наблюдается крайне неравномерное распределение продуктов горения – в одной половине объема печи движение интенсивно, тогда как в другой – практически отсутствует.

При рекомендованном расположении ТСУ наблюдается интенсивное движение продуктов сгорания во всем объеме рабочего пространства печи.

На рис. 2 можно наблюдать распределение скоростного поля в различных сечениях: в плоскости зеркала ванны, на линии горелок, по центру рабочего пространства и под сводом.

Из поля скоростей по варианту «Danieli» можно увидеть, как продукты горения топлива начинают распространяться в направлении центра печи, достигая поверхности электродов, после чего меняют свое направление и уходят в подсводовое пространство. Циркуляция продуктов горения осуществляется в вертикальной плоскости, поэтому омываемая ими поверхность шихты не велика. Сохраняя большой запас тепла, продукты сгорания покидают рабочее пространство через газоотводящий канал.

Размещение горелок с тангенциальным направлением факела вызывает горизонтальную циркуляцию продуктов горения у поверхности шихты (рис. 1, б). Обеспечивается круговое движение газов в периферийной области

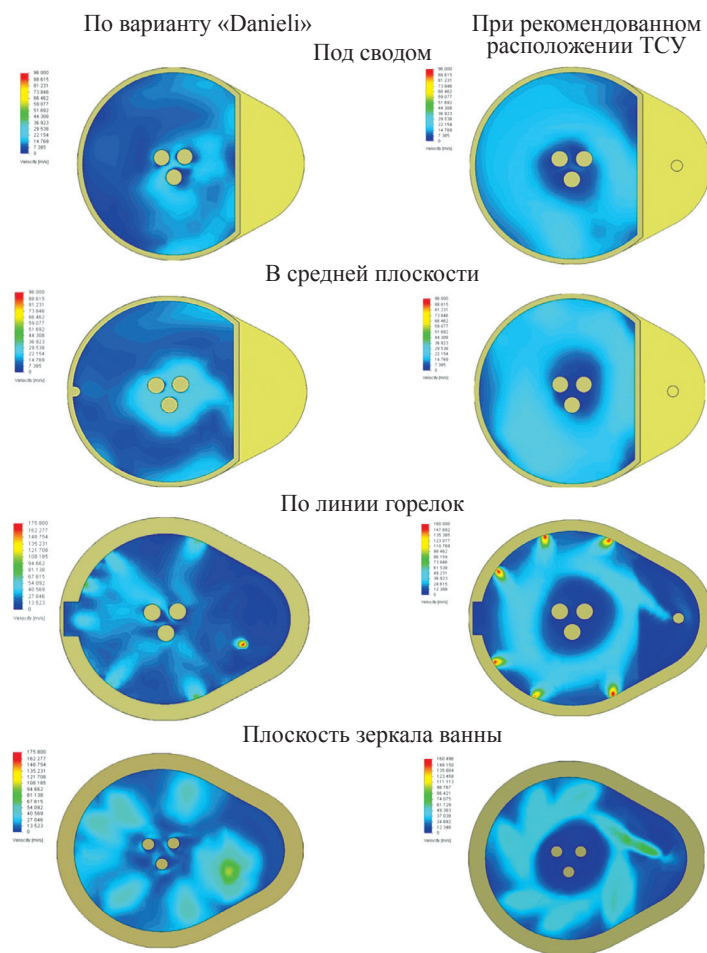


Рис. 2. Поле скоростей в горизонтальном сечении рабочего пространства

рабочего пространства (рис. 2), не допускается направленное воздействие потока продуктов горения на поверхность электродов (рис. 3). Также горячие газы естественным образом отводятся от поверхности боковых стен печи. К моменту попадания в подсводовое пространство и канал дымоудаления они совершают до четырех оборотов имея лучшие условия для передачи тепла шихте.

Наибольшее движение газов и высокие температуры сосредоточены в нижнем объеме печи у поверхности нагреваемой шихты.

На рис. 3 показано распространение газов в вертикальной плоскости рабочего пространства.

В сравнении с вариантом «Danieli» предложенное расположение горелочных устройств выглядит предпочтительнее. В 2–3 раза увеличена кратность циркуляции газов в горизонтальной плоскости, обеспечены условия для эффективного теплообмена и нагрева шихты. За счет изменений в расположении горелочных устройств зона активного теплообмена может быть расширена более чем на 24 %.

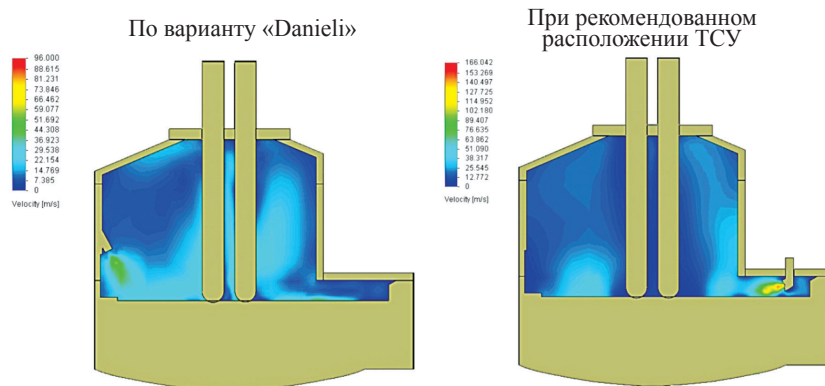


Рис. 3. Поле скоростей в продольном осевом сечении печи

Круговое движение газов придает газодинамике дуговой печи сходство с циклоном. Можно предположить хорошие условия для осаждения пыли внутри объема печи. Под преобладающим действием инерционных (центробежных) сил частицы пыли и мелкие капли шлака способны к сепарации на боковой стенке печи, где участвуют в формировании надежного гарнисажа. Эффективность осаждения частиц зависит от их размера/массы и скорости несущего потока газов. В работе оценивается степень осаждения пыли двумя методами: «инженерным» и «по теории циклонов» [2]. По результатам моделирования (вариант Б) средняя скорость газов в объеме печи составила 12 м/с. Определенная по предложенным методикам степень пылеосаждения на боковую стенку составила соответственно 27,1 % и 25,6 %.

Характер движения газов в печи определяет количество оседающей на электроды пыли. Сталеплавильная пыль состоит в основном из оксидов железа, которые в контакте с графитом и при высокой температуре начинают восстанавливаться. Происходит выгорание и разрушение электрода. Возможно выкашивание электрода при осыпании образовавшихся на его поверхности наслоений.

В случае рекомендованного расположения ТСУ степень осаждения частиц на поверхность электродов на порядок ниже (2,7 % в сравнении с 20,7 % для варианта фирмы «Danieli») [3].

Результаты компьютерного моделирования газодинамики рабочего пространства подтверждают, что оптимальное размещение горелочных устройств является важным условием обеспечения производительной и надежной работы печи. Предложенные рекомендации способствуют улучшению условия службы огнеупорной футеровки и электродов, могут потенциально обеспечить экономию энергоресурсов.

Список использованных источников

- 1 Воронов Г.В. Особенности аэродинамики в рабочем пространстве современной дуговой сталеплавильной печи / Г.В. Воронов, М.В. Антропов, О.В. Порох // Новые огнеупоры, 2014. – № 7.
- 2 Тимошенко Н.С. Моделирование энергоэффективных решений системы газоудаления дуговой сталеплавильной печи [Электронный ресурс] / Н.С. Тимошенко, А.Н. Семко, С.Н. Тимошенко – 2013 – Режим доступа: <http://steellab.com.ua> – свободный. – Рус.
- 3 Швыдкий В.С. Очистка газов. Справочник / В.С. Швыдкий, М.Г. Ладыгичев. – М.: Тепло-энергетик, 2002. – 640 с.